

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

PAT-NO: JP02002057676A  
DOCUMENT- JP 2002057676 A  
IDENTIFIER:  
TITLE: COMMUNICATION NETWORK DESIGN CIRCUIT, DESIGN METHOD  
THEREFOR, RECORDING MEDIUM HAVING CONTROL PROGRAM  
RECORDED THEREON AND TRANSMISSION MEDIUM  
PUBN-DATE: February 22, 2002

## INVENTOR-INFORMATION:

NAME COUNTRY  
SAITO, HIROYUKI N/A

## ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME COUNTRY  
NEC CORP N/A

APPL-NO: JP2000240546  
APPL-DATE: August 9, 2000

INT-CL (IPC): H04L012/28 , G06F017/50 , H04L012/56

## ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a design circuit for supplying the traffic amount of data flowing in from an entrance node and the traffic amount of the data flowing out from an exit node and obtaining a path for service by which communication is arbitrarily possible within the range and a required link capacity.

SOLUTION: An optimization reference preparation means 11 sets an objective function for minimizing link loads and a constraint expression for obtaining the link loads. A route selecting condition preparation means 12 prepares the constraint expression for selecting a route for housing the traffic of the data flowing in. An each user required link capacity calculating condition preparation means 13 prepares the constraint expression for calculating a link band required in each link for each traffic of the data coming in from the entrance node of each user. A link housing condition preparation means 14 prepares the constraint expression for not exceeding a link capacity limit in each link. An optimization means 15 solves mathematical programming problems prepared by the respective means and obtains the path for multi-spot communication service.

COPYRIGHT: (C) 2002, JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-57676

(P2002-57676A)

(43)公開日 平成14年2月22日(2002.2.22)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

キーワード(参考)

H 0 4 L 12/28

G 0 6 F 17/50

6 5 0 A 5 B 0 4 6

G 0 6 F 17/50

6 5 0

H 0 4 L 11/20

G 5 K 0 3 0

H 0 4 L 12/56

1 0 2 D

審査請求 有 請求項の数16 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2000-240546(P2000-240546)

(22)出願日 平成12年8月9日(2000.8.9)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 高藤 博幸

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 100088812

弁理士 ▲柳▼川 信

Fターム(参考) 5B046 A A01 D A04 J A01

5K030 G A19 H A08 J L07 L C11 M A01

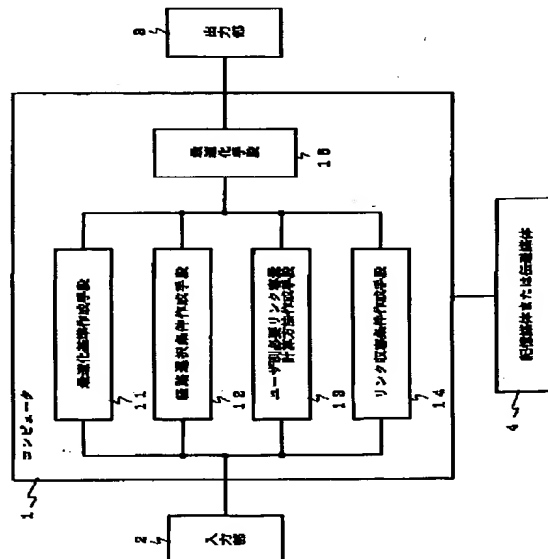
M B02

(54)【発明の名称】 通信ネットワーク設計回路及びその設計方法並びにその制御プログラムを記録した記録媒体及び伝送媒体

(57)【要約】

【課題】 入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与え、その範囲内で任意に通信可能なサービスのためのパス、必要なリンク容量を求めることが可能な設計回路を提供する。

【解決手段】 最適化基準作成手段11はリンク負荷を最小化する目的関数、リンク負荷を求める制約式を設定する。経路選択条件作成手段12は流入するデータのトラフィックを収容する経路を選ぶための制約式を作成する。ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段13は各ユーザの入口ノードから入ってきたデータのトラフィック毎に各リンクにおいて必要なリンク帯域を計算するための制約式を作成する。リンク収容条件作成手段14は各リンクにおいてリンク容量制限を越えないための制約式を作成する。最適化手段15は上記の各手段によって作成された数理計画問題を解き、多地点間通信サービスのためのパスを得る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対象ネットワークにおいて、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスのための通信ネットワーク設計回路であって、前記多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定する設定手段と、前記設定手段で設定された数理計画問題を解いて前記多地点間通信サービスのためのパスを得る最適化手段とを有することを特徴とする通信ネットワーク設計回路。

【請求項2】 前記多地点間通信サービスのためのパスを予め設定される最適化基準に基づいて求めるようにしたことを特徴とする請求項1記載の通信ネットワーク設計回路。

【請求項3】 前記設定手段は、前記対象ネットワークにおけるリンク負荷を最小化しかつ前記最適化基準となる目的関数を設定しかつ前記リンク負荷を求める制約式を設定する最適化基準作成手段と、他のネットワークから流入するデータのトラフィックを収容する経路を選ぶための制約式を作成する経路選択条件作成手段と、前記入口ノード各々から流入するデータのトラフィック毎に各リンクに必要なリンク帯域を計算するための制約式を作成するユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段と、各リンクにおいてリンク容量制限を越えないための制約式を作成するリンク収容条件作成手段とを含むことを特徴とする請求項1または請求項2記載の通信ネットワーク設計回路。

【請求項4】 前記設定手段の各手段は、各々並列的に処理するようにしたことを特徴とする請求項3記載の通信ネットワーク設計回路。

【請求項5】 複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対象ネットワークにおいて、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスのための通信ネットワーク設計方法であって、前記多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定するステップと、その設定された数理計画問題を解いて前記多地点間通信サービスのためのパスを得るステップとを有することを特徴とする通信ネットワーク設計方法。

【請求項6】 前記多地点間通信サービスのためのパスを予め設定される最適化基準に基づいて求めるようにしたことを特徴とする請求項5記載の通信ネットワーク設計方法。

【請求項7】 前記数理計画問題を設定するステップ

は、前記対象ネットワークにおけるリンク負荷を最小化しかつ前記最適化基準となる目的関数を設定しかつ前記リンク負荷を求める制約式を設定するステップと、他のネットワークから流入するデータのトラフィックを収容する経路を選ぶための制約式を作成するステップと、前記入口ノード各々から流入するデータのトラフィック毎に各リンクに必要なリンク帯域を計算するための制約式を作成するステップと、各リンクにおいてリンク容量制限を越えないための制約式を作成するステップとを含むことを特徴とする請求項5または請求項6記載の通信ネットワーク設計方法。

【請求項8】 前記数理計画問題を設定するステップの各ステップは、各々並列的に処理するようにしたことを特徴とする請求項7記載の通信ネットワーク設計方法。

【請求項9】 複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対象ネットワークにおいて、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスのための通信ネットワーク設計制御プログラムを記憶する記憶媒体であって、前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記対象ネットワークを設計するためのコンピュータに、前記多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定させ、その設定された数理計画問題を解いて前記多地点間通信サービスのためのパスを得させるようにしたことを特徴とする通信ネットワーク設計制御プログラムを記憶する記憶媒体。

【請求項10】 前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記コンピュータに、前記多地点間通信サービスのためのパスを予め設定される最適化基準に基づいて求めさせるようにしたことを特徴とする請求項9記載の通信ネットワーク設計制御プログラムを記憶する記憶媒体。

【請求項11】 前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記コンピュータに、前記数理計画問題を設定させる際に、前記対象ネットワークにおけるリンク負荷を最小化しかつ前記最適化基準となる目的関数を設定しかつ前記リンク負荷を求める制約式を設定させ、他のネットワークから流入するデータのトラフィックを収容する経路を選ぶための制約式を作成させ、前記入口ノード各々から流入するデータのトラフィック毎に各リンクに必要なリンク帯域を計算するための制約式を作成させ、各リンクにおいてリンク容量制限を越えないための制約式を作成させるようにしたことを特徴とする請求項9または請求項10記載の通信ネットワーク設計制御プログラムを記憶する記憶媒体。

【請求項12】 前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記コンピュータに、前記数理計画問題を設定させる際の各処理を各々並列的に処理させるようにしたこ

とを特徴とする請求項1記載の通信ネットワーク設計制御プログラムを記憶する記憶媒体。

【請求項13】 複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対象ネットワークにおいて、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスのための通信ネットワーク設計制御プログラムをネットワークで伝送する伝送媒体であって、前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記対象ネットワークを設計するためのコンピュータに、前記多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定させ、その設定された数理計画問題を解いて前記多地点間通信サービスのためのパスを得させるようにしたことを特徴とする通信ネットワーク設計制御プログラムをネットワークで伝送する伝送媒体。

【請求項14】 前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記コンピュータに、前記多地点間通信サービスのためのパスを予め設定される最適化基準に基づいて求めさせるようにしたことを特徴とする請求項13記載の通信ネットワーク設計制御プログラムをネットワークで伝送する伝送媒体。

【請求項15】 前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記コンピュータに、前記数理計画問題を設定させる際に、前記対象ネットワークにおけるリンク負荷を最小化しかつ前記最適化基準となる目的関数を設定しかつ前記リンク負荷を求める制約式を設定させ、他のネットワークから流入するデータのトラフィックを収容する経路を選ぶための制約式を作成させ、前記入口ノード各々から流入するデータのトラフィック毎に各リンクに必要なリンク帯域を計算するための制約式を作成させ、各リンクにおいてリンク容量制限を越えないための制約式を作成させるようにしたことを特徴とする請求項13または請求項14記載の通信ネットワーク設計制御プログラムをネットワークで伝送する伝送媒体。

【請求項16】 前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記コンピュータに、前記数理計画問題を設定させる際の各処理を各々並列的に処理させるようにしたことを特徴とする請求項15記載の通信ネットワーク設計制御プログラムをネットワークで伝送する伝送媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は通信ネットワーク設計回路及びその設計方法並びにその制御プログラムを記録した記録媒体及び伝送媒体に関し、特に複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対象ネットワークにおいて、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから

流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスの設計方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、通信ネットワーク設計法、例えば、"Restoration strategies and spare capacity requirements in self-healing ATM networks" (Yijun Xiong and Lorne Mason, INFOCOM'97, April 1997)に記載の方法では、単一ノード間の通信のためのパスを設計している。そこでは通信を行うノードペア毎に通信量を定め、それらのノードペア間に固定的な帯域のパスを設定している。

【0003】従来の設計法に基づいて設計された結果の一例を図4に示す。まず、図4を参照して従来の設計法について説明する。図4において、d1は設計法で対象となるネットワーク範囲を示し、以下、これを対象ネットワークとする。n1～n7はノードを表す。u1～u4は設計対象外のネットワークを表し、これらのネットワーク間の通信トラフィックが対象ネットワークに流入する。以下、この対象外のネットワークをユーザネットワークとする。

【0004】例えば、u1～u4はあるユーザのネットワークの異なる拠点を表している。ノードのうち、対象ネットワークとユーザネットワークとの境界上にあるノードをエッジノード、対象ネットワーク内のノードをコアノードとする。

【0005】ユーザネットワークからデータが入ってくる場合にはエッジノードを入口ノードとし、ユーザネットワークにデータが出ている場合にはエッジノードを出口ノードとする。普通、エッジノードは入口ノード及び出口ノードのどちらの役割も果たす。但し、ノードといった場合にはエッジノード及びコアノードの両方が含まれる。また、ノード間及びノード・対象外ネットワーク間の線分はリンクを意味し、これを(n1, n2)や(u1, n2)等と表現する。

【0006】図4においてはリンクを一本しか記述していないが、両方向のリンクがあることを示す。例えば、リンク(n1, n2)はn1→n2のリンクとn2→n1のリンクとがあることを意味する。尚、同じノード組にいくつものリンクがあってもよい。リンクはその属性に帯域を持つ。図4では説明に必要な部分の帯域しか記述していない。

【0007】いま、ある多地点間サービスにおいて、入口ノードn3からデータが2Mb/s流入し、入口ノードn1からデータが1Mb/s流入し、出口ノードn6からデータが2Mb/s流出し、出口ノードn5からデータが1Mb/s流出するものとする。

【0008】従来の設計法では各入口ノードと出口ノード

ドとの間に固定的にパスを設定する必要がある。例えば、 $\langle n2, n7 \rangle$ を1Mb/s、 $\langle n2, n6 \rangle$ を2Mb/s、 $\langle n1, n7 \rangle$ を1Mb/s、 $\langle n1, n6 \rangle$ を1Mb/sとそれぞれのトラフィック量を決めてパスを設計する。ここで、パスをp1~p4で表し、従来の設計法によって図4に示すようなパスが設計された例を示している。

#### 【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の設計法では、入口/出口ペア毎に通信量を与えてパスを設計するため、各始端ノードにユーザネットワークから入る通信量及び各終端ノードからユーザネットワークへ出る通信量を与え、その範囲内で任意に通信することができるという形態サービスを設計することができない。

【0010】そこで、本発明の目的は上記の問題点を解消し、入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び出口ノードから流出するデータのトラフィック量のみを与え、その範囲内で任意に通信することができる多地点間通信サービスのためのパス、必要なリンク容量を求めることができる通信ネットワーク設計回路及びその設計方法並びにその制御プログラムを記録した記録媒体及び伝送媒体を提供することにある。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明による通信ネットワーク設計回路は、複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対象ネットワークにおいて、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスのための通信ネットワーク設計回路であって、前記多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定する設定手段と、前記設定手段で設定された数理計画問題を解いて前記多地点間通信サービスのためのパスを得る最適化手段とを備えている。

【0012】本発明による通信ネットワーク設計方法は、複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対象ネットワークにおいて、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスのための通信ネットワーク設計方法であって、前記多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定するステップと、その設定された数理計画問題を解いて前記多地点間通信サービスのためのパスを得るステップとを備えている。

【0013】本発明による通信ネットワーク設計制御プログラムを記録した記録媒体は、複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対象ネットワークに

において、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスのための通信ネットワーク設計制御プログラムを記憶する記憶媒体であって、前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記対象ネットワークを設計するためのコンピュータに、前記多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定させ、その設定された数理計画問題を解いて前記多地点間通信サービスのためのパスを得させるようにしている。

【0014】本発明による通信ネットワーク設計制御プログラムを記録した伝送媒体は、複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対象ネットワークにおいて、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスのための通信ネットワーク設計制御プログラムをネットワークで伝送する伝送媒体であって、前記通信ネットワーク設計制御プログラムは前記対象ネットワークを設計するためのコンピュータに、前記多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定させ、その設定された数理計画問題を解いて前記多地点間通信サービスのためのパスを得させるようにしている。

【0015】すなわち、本発明の通信ネットワーク設計回路は、多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定する最適化基準作成手段、経路選択条件条件作成手段、ユーザ別必要リンク容量計算条件条件作成手段、リンク収容条件条件作成手段と、これらの手段によって作成された数理計画問題を解く最適化手段とを有することを特徴とする。

【0016】最適化基準作成手段はリンク負荷を最小化する目的関数を設定し、さらにリンク負荷を求める制約式を設定する。経路選択条件条件作成手段は対象ネットワークにおいて流入するデータのトラフィック量を収容する経路を選ぶための制約式を作成する。

【0017】ユーザ別必要リンク容量計算条件条件作成手段は各ユーザの入口ノードから入ってきたデータ毎に各リンクにおいて必要なリンク帯域を計算するための制約式を作成する。リンク収容条件条件作成手段は各リンクにおいてリンク容量制限を越えないための制約式を作成する。最適化手段はこれらの手段によって作成された数理計画問題を解く。

【0018】これによって、入口ノードから流入するトラフィック量と出口ノードから流出するトラフィック量とをのみ与えてその範囲内で任意に通信することができる多地点間通信サービスのためのパスを最適化基準に基

づいて求めることが可能となる。

【0019】

【発明の実施の形態】次に、本発明の一実施例について図面を参照して説明する。図1は本発明の一実施例による多地点間通信サービスのための設計回路（以下、設計回路とする）の構成を示すブロック図である。図1において、本発明の一実施例による設計回路はコンピュータ1と、キーボード等の入力部2と、ディスプレイ装置等の出力部3と、記録媒体（または伝送媒体）4とから構成されている。

【0020】コンピュータ1は最適化基準作成手段11と、経路選択条件作成手段12と、ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段13と、リンク収容条件作成手段14と、最適化手段15とを備えている。

【0021】記録媒体4はフロッピディスクやROM（リードオンリメモリ）、その他の記録媒体もしくはネットワークで伝送される媒体であり、コンピュータ1を多地点間通信サービスのための設計回路として機能させるためのプログラムが記録されている。

【0022】このプログラムはコンピュータ1によって記録媒体4から読取られ、コンピュータ1の動作を制御することで、コンピュータ1上に最適化基準作成手段11、経路選択条件作成手段12、ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段13、リンク収容条件作成手段14、最適化手段15各々の機能を実現する。

【0023】最適化基準作成手段11は対象ネットワークにおけるリンク負荷を最小化しつつ最適化基準となる目的関数を設定し、さらにリンク負荷を求める制約式を設定する。経路選択条件作成手段12は他のネットワークから流入するデータのトラフィックを収容する経路を選ぶための制約式を作成する。

【0024】ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段13は入口ノード各々から流入するデータのトラフィック毎に各リンクに必要なリンク帯域を計算するための制約式を作成する。

【0025】リンク収容条件作成手段14は各リンクにおいてリンク容量制限を越えないための制約式を作成する。最適化手段15は上記の最適化基準作成手段11、経路選択条件作成手段12、ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段13、リンク収容条件作成手段14各々によって作成された数理計画問題を解き、多地点間通信サービスのためのパスを得る。

【0026】続いて、本実施例の動作について詳細に説\*  
Min φ

を設定し、リンク負荷φを求める制約式、

【数1】

$$\phi \geq \left( \sum_{d \in D} \sum_{a \in N_d} w_{(l,m,k)ad} \right) / c^{given}(\forall (l,m,k) \in L)$$

..... (2)

\*明する。まず、本実施例で使う記号について説明する。

この記号は集合、変数、定数に区分される。集合としてはLがリンク集合を、Dがユーザ集合を、 $N_d$ がユーザdの入口エッジノード集合を、 $P_d$ がユーザdの入口ノードと出口ノードとのペア集合を、 $I(a,z)$ が入口エッジノードaと出口エッジノードzとの間のパス候補集合をそれぞれ示している。

【0027】リンク集合Lにおいて、各要素は $(l, m, k)$ で表わされる。ここで、lは発ノード、mは着ノード、kは同じノード間で複数のリンクがある場合の識別子である。この最後の識別子をサブリンク識別子と呼ぶ。ユーザ集合Dにおいては各ユーザ毎に一つの多地点間サービスがある。パス候補集合 $I(a,z)$ においては各要素を $i(a,z)$ と表している。

【0028】変数としては $f_i$ が0-1変数を、φが対象ネットワークにおけるリンク負荷を、 $w_{(l,m,k)ad}$ が出口エッジノードに流れるデータフローの合計をそれぞれ示している。

【0029】0-1変数 $f_i$ はユーザdが入口エッジノードaと出口エッジノードzとの間のパス候補 $i(a,z)$ をパスとして採用する時に1を、そうでない時に0をとる。出口エッジノードに流れるデータフローの合計 $w_{(l,m,k)ad}$ はユーザdの入口エッジノードaから流入するデータのトラフィックに関して、リンク $(l, m, k)$ より下流にある出口エッジノードに流れるデータフローの合計を表す。

【0030】定数としては $v_{ad}$ が入口エッジノードaから流入してくるデータのトラフィック量を、 $v_{zd}$ が出口エッジノードzから流出して行くデータのトラフィック量を、 $g_i$ がインディケータ定数を、 $c_{(l,m,k)}$ がリンク $(l, m, k)$ における容量制限をそれぞれ示している。

【0031】トラフィック量 $v_{ad}$ はユーザdに関して入口エッジノードaから流入してくるデータのトラフィック量を示し、トラフィック量 $v_{zd}$ はユーザdに関して出口エッジノードzから流出して行くデータのトラフィック量を示している。インディケータ定数 $g_i$ はパス候補 $i(a,z)$ がリンク $(l, m, k)$ を通る時に1をとり、そうでない時に0をとる。

【0032】上記の記号を用いて本発明の一実施例による設計回路について説明する。まず、最適化基準作成手段11は対象ネットワークにおけるリンク負荷を最小化しつつ最適化基準となる目的関数、

..... (1)

※を設定する。

【0033】続いて、経路選択条件作成手段12は他のネットワークから流入するデータのトラフィックを収容する経路を選ぶための制約式、

【数2】

$$\sum_{i(a,z) \in I(a,z)} f_{i(a,z)}^d = 1 (\forall (a,z) \in P_d, \forall d \in D)$$

文中において、 $f_{i(a,z)}^d$  は  $f_i$  としている。

..... (3)

【数3】

$$f_{i(a,z)}^d = 0/1$$

$$w_{(l,m,k)ad} = \min \left\{ v_{ad}^{in}, \sum_{\{i(a,z) \in P_d\}} \sum_{\{i(a,z) \in I(a,z)\}} v_{ad}^{out} g_{i(a,z)}^{(l,m,k)} f_{i(a,z)}^d \right\}$$

$$(\forall d \in D, \forall a \in N)$$

文中において、 $v_{ad}^{in}$  は  $v_{ad}$ 、 $v_{ad}^{out}$  は  $v_{zd}$ 、 $g_{i(a,z)}^{(l,m,k)}$  は  $g_i$  としている。

..... (5)

を作成する。

【0035】リンク収容条件作成手段作成手段14は各リンクにおいてリンク容量制限を越えないための制約式、

【数5】

$$\sum_{d \in D} \sum_{a \in N_d} w_{(l,m,k)ad} \leq c^{given} (\forall (l,m,k) \in L)$$

..... (6)

を作成する。

【0036】最後に、最適化手段15は上記の最適化基準作成手段11、経路選択条件作成手段12、ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段13、リンク収容条件作成手段14各々によって作成された数理計画問題、つまり(1)式～(5)式を解き、多地点間通信サービスのためのパスを得る。

【0037】図2は本発明の一実施例による設計回路の処理動作を示すフローチャートである。これら図1及び図2を参照して本発明の一実施例による設計回路の処理動作について説明する。尚、図2に示す処理動作はコンピュータ1が上記の記憶媒体4に記憶されたプログラムを実行することで実現される。

【0038】入力部2から上記の集合、変数、定数が入力されると(図2ステップS1)、最適化基準作成手段11は対象ネットワークにおけるリンク負荷を最小化かつ最適化基準となる目的関数[(1)式]を設定し(図2ステップS2)、リンク負荷を求める制約式[(2)式]を設定する(図2ステップS3)。

【0039】同様に、上記の集合、変数、定数が入力されると(図2ステップS1)、経路選択条件作成手段12はユーザネットワークから流入するデータのトラフィックを収容する経路を選ぶための制約式[(3)式]を作成し(図2ステップS4)、ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段13は入口ノード各々から流入

\*..... (4)

を作成する。

【0034】ユーザ別必要リンク容量計算方法作成手段13は各ユーザの入口ノードから流入するデータのトラフィック毎に各リンクにおいて必要なリンク帯域を計算するための制約式、

【数4】

※するデータのトラフィック毎に各リンクにおいて必要なリンク帯域を計算するための制約式[(4)式]を作成する(図2ステップS5)。

【0040】また、上記の集合、変数、定数が入力されると(図2ステップS1)、リンク収容条件作成手段14は各リンクにおいてリンク容量制限を越えないための制約式[(5)式]を作成する(図2ステップS6)。

【0041】上述したように、最適化基準作成手段11、経路選択条件作成手段12、ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段13、リンク収容条件作成手段14によってそれぞれ並列的に多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題が設定されるので、最適化手段15は数理計画問題を解き、多地点間通信サービスのためのパスを得る(図2ステップS7)。

【0042】図3は本発明の一実施例による多地点間通信サービスの設計結果の一例を示す図である。この図3を参照して本発明の一実施例による多地点間通信サービスの設計結果の一例について説明をする。

【0043】図3において、d1は設計法で対象となるネットワーク範囲を示し、これを対象ネットワークと呼ぶ。n1～n7はノードを表す。u1～u4は設計対象外のネットワークを表し、これらのネットワーク間の通信トラフィックが対象ネットワークに流入出する。この対象外のネットワークをユーザネットワークと呼ぶことにする。例えば、u1～u4はあるユーザのネットワークの異なる拠点を表している。

【0044】ノードのうち、対象ネットワークとユーザネットワークの境界上にあるノードをエッジノード、対象ネットワーク内のノードをコアノードとそれぞれ呼ぶ。ユーザネットワークからトラフィックが入ってくる場合にはエッジノードを入口ノードと呼び、ユーザネットワークにトラフィックが出ている場合にはエッジノードを出口ノードと呼ぶ。

【0045】普通、エッジノードは入口ノード/出口ノ



11

ードどちらの役割も果たす。但し、ノードといった場合にはエッジノード及びコアノードの両方が含まれる。また、ノード間及びノード・対象外ネットワーク間の線分はリンクを意味し、これを $(n1, n2)$ や $(u1, n2)$ 等と表現する。

【0046】図3ではリンクを一本しか記述していないが、両方向のリンクがあることを示す。例えば、リンク $(n1, n2)$ は $n1 \rightarrow n2$ のリンクと、 $n2 \rightarrow n1$ のリンクとがあることを意味する。尚、同じノード組にいくつものリンクがあってもよい。リンクはその属性に帯域を持つ。図3では説明に必要な部分の帯域しか記述していない。

【0047】いま、ある多地点間通信サービスにおいて、入口ノード $n3$ からデータが $2\text{Mb/s}$ 流入し、入口ノード $n1$ からデータが $1\text{Mb/s}$ 流入し、出口ノード $n6$ からデータが $2\text{Mb/s}$ 流出し、出口ノード $n5$ からデータが $1\text{Mb/s}$ 流出するものとする。

【0048】すると、任意の入口/出口ノードペア間 $\langle n3, n6 \rangle, \langle n3, n5 \rangle, \langle n1, n6 \rangle, \langle n1, n5 \rangle$ で、上記の流入量・流出量の範囲内で自由に通信することができるようにするために、パス $p1 \sim p4$ のパスを求める。

【0049】また、この多地点間通信サービスのために必要な帯域は、図3に示すように、リンク $(n3, n$  \*

Maximize  $\eta$ 

を設定し、さらに空き容量を求める制約式として、

【数6】

$$c^{given} - \sum_{d \in D} \sum_{a \in N_d} w_{(l,m,k)ad} \geq \eta (\forall (l,m,k) \in L)$$

..... (8)

を設定する。これらの設定を行うことによっても、最適化基準作成手段11は最適化のための数理計画問題を作成することができる。

【0053】また、上記の変数において、リンク $(l, m, k)$ の単位容量あたりのリンクコストとして $\omega_{(l,m,k)}$ を追加すると、最適化基準作成手段11は対象ネットワークに流入するデータトラフィックを最小のリンクコストで収容する目的関数として、

【数7】

$$\text{Maximize } \sum_{(l,m,k) \in L} w_l$$

..... (9)

を設定する。この設定を行うことによっても、最適化基準作成手段11は最適化のための数理計画問題を作成することができる。

【0054】続いて、ユーザ別必要リンク容量計算方法作成手段13が各ユーザの入口ノードから入ってきたト※50

12

\*4)は $2\text{Mb/s}$ 、リンク $(n4, n6)$ は $2\text{Mb/s}$ 、リンク $(n1, n4)$ は $1\text{Mb/s}$ 、リンク $(n4, n5)$ は $1\text{Mb/s}$ となる。

【0050】ここで、例えば、リンク $(n4, n5)$ はノード $n3$ からデータが $2\text{Mb/s}$ 流入し、ノード $n1$ からデータが $1\text{Mb/s}$ 流入しているの、最大 $3\text{Mb/s}$ のデータが流れる可能性があるが、ノード $n5$ から流出するデータのトラフィック量が $1\text{Mb/s}$ なので、 $1\text{Mb/s}$ となる。

10 【0051】このように、多地点間通信サービスのための設計方法を数理計画問題として、最適化基準作成手段11と経路選択条件作成手段12とユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段13とリンク収容条件作成手段14とによって設定し、それを最適化手段15で解いているので、入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び出口ノードから流出するデータのトラフィック量のみを与えて、その範囲内で任意に通信することができる多地点間通信サービスのためのパス、必要なリンク容量を求めることができる。

20 【0052】上記の定数において、最小のリンク空き容量として $\eta$ を追加すると、最適化手段11は対象ネットワークにおけるリンクの空き容量を最大化する目的関数として、

..... (7)

※ラフィック毎に各リンクにおいて必要なリンク帯域を計算するための制約式を整数計画問題の制約式として設定する場合について説明する。整数計画問題は数理計画問題の一種であり、最適化手段15において各種の整数計画問題の解法(伊里他、「最適化ハンドブック」朝倉書店)を利用することができる。

【0055】いま、 $x_{(l,m,k)ad}$ をユーザ $d$ の入口エッジノード $a$ から流入するトラフィックに関して、リンク $(l, m, k)$ より下流にある出口エッジノードに流れるフローの合計が入口エッジノード $a$ に流入してくるトラフィック量 $v_{ad}$ より大きければ1をとり、そうでなければ0をとる0-1変数とし、 $M$ を任意の大きな数とする。ここで、 $M$ は、

【数8】

$$M = \sum_{\{z(a,z) \in P_d\}} v_{ad}^{out}$$

40

..... (10)

という式からあたえられる。

【0056】ユーザ別必要リンク容量計算方法作成手段13はこれらを用いて次の3つの制約式、

【数9】

$$\begin{aligned}
 & \text{13} \\
 & x_{(l,m,k)ad} \leq \left\{ \sum_{\{x,(a,x) \in P_d\}} \sum_{\{l_{(a,x)} \in l_{(a,x)}\}} v_{ad}^{out} g_{l_{(a,x)}}^{(l,m,k)} f_{l_{(a,x)}}^d \right\} / v_{ad}^{in} \quad * \dots (10) \\
 & \quad (\forall a \in N_d, \forall d \in D, \forall (l,m,k) \in L) \quad \text{【数10】} \\
 & \quad * \\
 & \left\{ \sum_{\{x,(a,x) \in P_d\}} \sum_{\{l_{(a,x)} \in l_{(a,x)}\}} v_{ad}^{out} g_{l_{(a,x)}}^{(l,m,k)} f_{l_{(a,x)}}^d \right\} / v_{ad}^{in} \leq w_{(l,m,k)ad} + Mx_{(l,m,k)ad} \\
 & \quad (\forall a \in N_d, \forall d \in D, \forall (l,m,k) \in L)
 \end{aligned}$$

..... (11)

【数11】

$$v_{ad}^{in} x_{(l,m,k)ad} \leq w_{(l,m,k)ad}$$

$$(\forall a \in N_d, \forall d \in D, \forall (l,m,k) \in L)$$

..... (12)

を設定する。

【0057】これによって、ユーザ別必要リンク容量計算方法作成手段13は各ユーザの入口エッジノードaから入ってきたトラフィック毎に各リンクにおいて必要なリンク帯域を計算するための制約式を整数計画問題の制約式として設定することができる。

【0058】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、複数のノードからなりかつ他のネットワークに接続される対象ネットワークにおいて、他のネットワークからデータが入ってくる入口ノードから流入するデータのトラフィック量及び他のネットワークにデータが出て行く出口ノードから流出するデータのトラフィック量を与えてその範囲内で任意に通信可能とする多地点間通信サービスのための通信ネットワーク設計回路において、多地点間通信サービスを求めるための数理計画問題を設定し、その設定された数理計画問題を解いて多地点間通信サービスのためのパスを得ることによって、入口ノードから流※

※入するデータのトラフィック量及び出口ノードから流出するデータのトラフィック量のみを与え、その範囲内で任意に通信することができる多地点間通信サービスのためのパス、必要なリンク容量を求めることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例による多地点間通信サービスのための設計回路の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の一実施例による多地点間通信サービスのための設計回路の処理動作を示すフローチャートである。

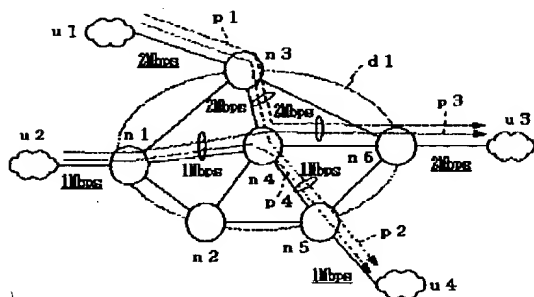
【図3】本発明の一実施例による多地点間通信サービスの設計結果の一例を示す図である。

【図4】従来例による多地点間通信サービスの設計結果の一例を示す図である。

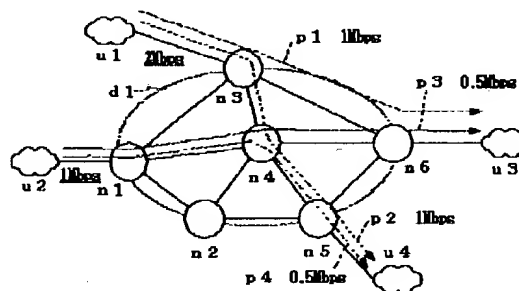
【符号の説明】

- 1 コンピュータ
- 2 入力部
- 3 出力部
- 4 記録媒体（または伝送媒体）
- 11 最適化基準作成手段
- 12 経路選択条件条件作成手段
- 13 ユーザ別必要リンク容量計算条件作成手段
- 14 リンク収容条件作成手段
- 15 最適化手段

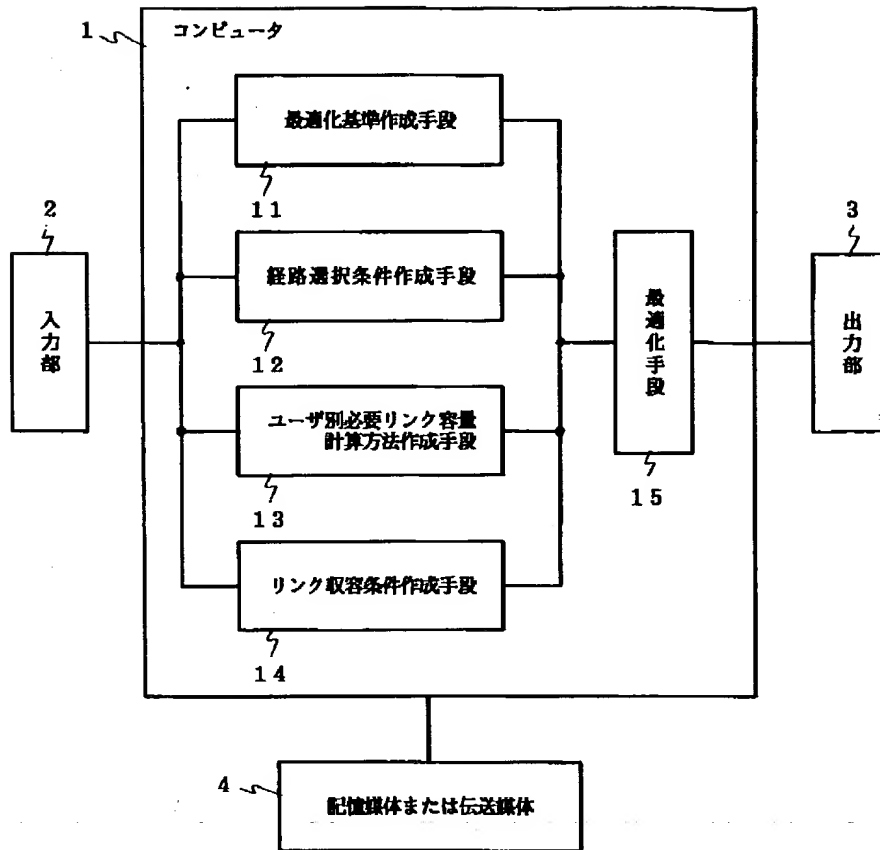
【図3】



【図4】



【図1】



【図2】

